

Филиал ОАО «Инженерный центр ЕЭС» –

«Фирма ОРГРЭС»

Фирма по наладке, совершенствованию
технологии и эксплуатации электростанций и сетей

Утверждаю:
Главный инженер
Купченко В.А.


«15» сентября 2004 г.

ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

по результатам тепловых испытаний
турбины ЛМЗ типа К-300-240 ст. № 4 ГРЭС-4 АО «Мосэнерго»
до и после установки в 3 – 12 ступенях ЦВД
надбандажных сотовых уплотнений
производства ФГУП НПП «Мотор»

Зам. начальника ЦИТО



Буринов М.А.

Руководитель работы

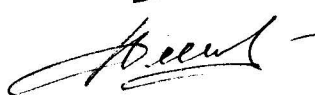


Сахаров А.М.

Ответственные исполнители:



Фатьков О.В.



Александров С.В.

Москва, 2004г.

1. Цели и задачи.

Целью испытаний турбины являлось определение единовременного (разового) экономического эффекта от замены радиальных надбандажных уплотнений цилиндра высокого давления традиционного типа сотовыми. Реконструкции были подвергнуты 10 ступеней цилиндра, за исключением регулирующей и первой нерегулируемой. Нарботка турбины к началу капремонта составляла около 190 тыс. часов.

Для минимизации погрешности конечного результата испытание проведено в 2 этапа по единым технической программе и методике и с использованием одних и тех же средств измерений, первый из которых (до капремонта с установкой уплотнений) выполнен 02.03.04, а второй (после него) – 17 - 18.08.04 г.

Программа испытаний была согласована с ЛМЗ.

2. Программа испытаний

При разработке программы испытания предполагалось оценить экономический эффект двумя независимыми методами:

- путём сравнения значений электрической мощности турбоагрегата до и после реконструкции;
- путём сравнения расхождений величин внутреннего относительного КПД ЦВД в опытах с включёнными и отключёнными ПВД до и после реконструкции.

Во время каждого этапа были проведены по 9 опытов с отключёнными отборами на собственные нужды (в том числе на деаэратор). При этом в четырёх из них были отключены ПВД с целью последующего сравнения полученных результатов для оценки влияния протечек, уменьшившихся за счёт установки сотовых уплотнений. Средняя продолжительность стабильного режима в каждом опыте составляла порядка 45 мин.

3. Схема измерений.

Расходы свежего пара, питательной воды и основного конденсата при испытаниях определялись с помощью эксплуатационных расходомеров, измерительные каналы которых поверялись с помощью образцового калибратора ф. "SI-Instruments". Давления пара по проточной части и перед регенеративными подогревателями измерялись манометрами кл. 0,6 (1,0) с их предварительной поверкой на масляном прессе. Температуры, с помощью которых рассчитывался внутренний КПД ЦВД, измерялись эксплуатационными термомпарами, поверенными в соответствии с требованиями норм, температуры питательной воды - термомпарами ОРГРЭС (протоколы калибровки представлены в Приложении), индивидуальные максимальные поправки к каждой из которых не превышали 2 °С.

Электрическая нагрузка генератора измерялась двумя поверенными ваттметрами ОРГРЭС (схема Арона) кл. 0,2, которые были установлены в непосредственной близости от генератора.

Частота записей показаний приборов составляла 5 мин. (ваттметров – 2 мин.).

4. Обработка результатов.

С целью определения эффективности реконструкции путём сравнения величин электрической мощности и внутренних относительных КПД ЦВД (см. п. 2) были обработаны все серии опытов как с включённой регенерацией, так и без неё. Для каждого этапа были составлены сводные таблицы величин (см. пп. 7.1 и 7.2 Приложения), измеренных в этих опытах.

За основу при обработке результатов были приняты среднеарифметические значения измеряемых величин с учётом всех необходимых поправок, в частности, полученных при индивидуальных калибровках.

После тщательного анализа полученных значений температур в качестве исходных для определения КПД ЦВД были приняты следующие: пара перед турбиной – среднее арифметическое между показаниями термопар перед АСК по ниткам «А» и «Б», а за ЦВД – среднее арифметическое между показаниями термопар за ЦВД, в патрубках слева и справа, показания которых были весьма близки между собой (максимальное расхождение, в среднем, не превышало 4°C). Значения давлений были приняты по показаниям манометров, установленных перед стопорным клапаном и на выхлопе цилиндра, которые хорошо увязывались с соответствующими данными приборов, смонтированных в аналогичных точках процесса расширения.

Величины внутреннего КПД определялись с помощью компьютерной программы ЕЗ_00, разработанной ЛМЗ на основании таблиц воды и водяного пара 2000 г.

5. Результаты испытания

5.1. Общая часть

О состоянии ЦВД турбины до и после капремонта можно судить по формулярам зазоров и актам о проведенных работах, а также опытным зависимостям давлений в системе парораспределения и по проточной части турбины в функции расхода свежего пара. Так, в частности, сопоставление упомянутых зависимостей (см. Приложение п. 7.9) показало, что указанные параметры до и после капремонта практически близки между собой, а, следовательно, никаких дополнительных (сверх регламентных) работ, которые могли бы существенно повлиять на экономичность ЦВД, кроме установки уплотнений сотового типа (см. «Технический акт», Приложение 7.7), во время капитального ремонта не проводилось. Из этого анализа можно сделать вывод о том, что полученные впоследствии сравнительные результаты обоих этапов испытания отражают, в основном, эффективность проведенной реконструкции.

5.2. Электрическая мощность

Как упоминалось выше (п. 2), основным критерием оценки эффективности реконструкции является изменение электрической мощности турбоагрегата.

С этой целью по результатам обработки материалов испытания были построены графические зависимости электрической мощности от давления на выхлопе ЦВД (рис. 13 и 14). Последнее было выбрано в качестве аргумента, вместо традиционно используемого расхода свежего пара, с целью исключения влияния повышенной погрешности измерения расхода. Из анализа полученных зависимостей можно сделать вывод о том, что относительное повышение электрической мощности составило, в среднем, величину порядка 0,7 – 1,0 %.

5.3. Внутренний КПД ЦВД

Прямое сравнение абсолютных значений внутреннего относительного КПД ЦВД между собой до и после установки сотовых уплотнений не представляется корректным ввиду того, что величины погрешности замера температур пара до и после ЦВД, определяемых по штатным каналам измерений, вполне могли измениться в период капремонта (при этом следует учесть, что, например изменение погрешности измерения температуры, в частности, за ЦВД всего на 1 °C приводит к увеличению погрешности определения КПД цилиндра приблизительно, на 0,5 %).

Принимая во внимание это обстоятельство, было принято решение об оценке эффективности реконструкции уплотнений путём количественного сравнения расхождений внутреннего относительного КПД ЦВД в опытах с включённой регенерацией и без неё до и после реконструкции. Целесообразность такого сравнения, предусмотренного Программой испытания, основано на том исследованном факте [1], что при включённой регенерации часть высокотемпературных протечек сбрасывается в соответствующие подогреватели помимо лопаточного аппарата и, следовательно, температура пара после цилиндра будет ниже, а рассчитанная величина внутреннего КПД последнего выше, чем аналогичные данные в опытах с отключённой регенерацией. Проведенный анализ результатов показал, что относительное увеличение КПД ЦВД по опытам с включёнными и отключёнными ПВД в 1-м этапе (до реконструкции) составляет от 1,0 до 1,5 % (рис. 6), в то время, как во 2-м этапе (после реконструкции) оно близка к нулю (рис. 12).

Таким образом, можно сделать вывод об уменьшении суммарных надбандажных протечек и соответствующем увеличении «герметичности» проточной части цилиндра вследствие установки сотовых уплотнений, что обусловило относительное повышение КПД ЦВД на величину, в среднем, 1,25 % и явилось косвенным подтверждением эффекта реконструкции. Кроме того, полученные результаты близко соответствуют расчётной величине, приведенной в письме ЛМЗ от 17.04.00 № 510/549 в ФГУП «НПП «Мотор».

6. Заключение.

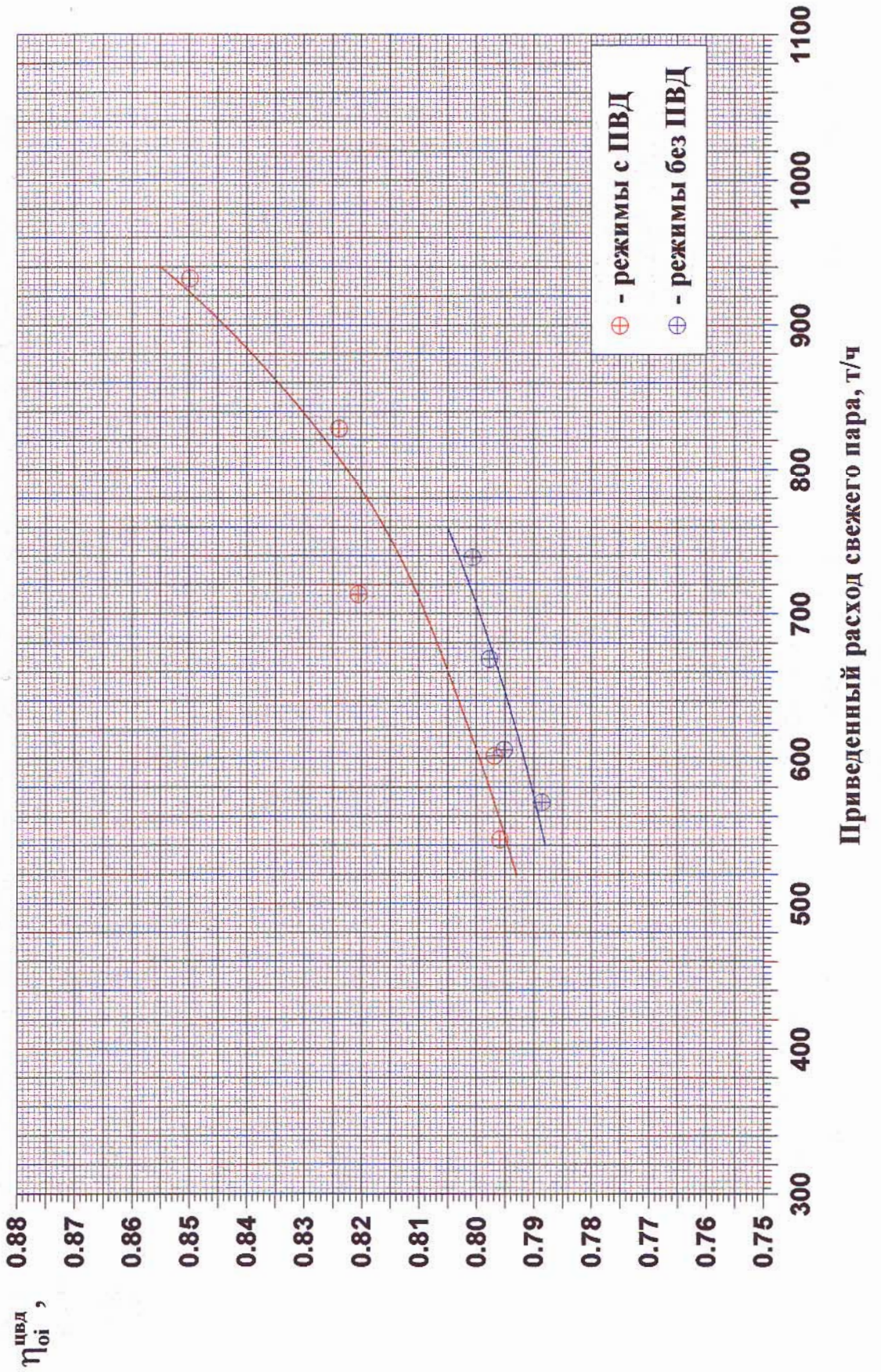
Анализ показателей экономичности, полученных в результате проведения теплового испытания паровой турбины типа К-300-240 ЛМЗ (ст. №4) до и после установки надбандажных сотовых уплотнений в 10-ти ступенях ЦВД, позволяет сделать следующие выводы:

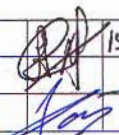
- увеличение мощности турбоагрегата составило около 0,7 - 1,0 %,
- количественное сравнение КПД ЦВД в опытах с включённой регенерацией и без неё позволяет сделать вывод об уменьшении надбандажных протечек и, как следствие, относительном повышении экономичности ЦВД порядка 1,25 %, что косвенно подтверждает полученный эффект и коррелируется с расчётными данными ЛМЗ, при оснащении надбандажными сотовыми уплотнениями регулирующей и первой нерегулируемой ступени ЦВД, а также ступеней ЦСД можно ожидать более заметного увеличения показателей экономичности турбоагрегата.

Перечень использованных материалов:

1. Сахаров А.М. «Тепловые испытания паровых турбин», Москва, Энергоатомиздат, 1990г.,
2. Сахаров А.М. «Влияние типа надбандажных уплотнений на экономичность», Москва, Теплоэнергетика, 1980 г., № 5, с. 24 – 25.

КПД ЦВД (1 этап)



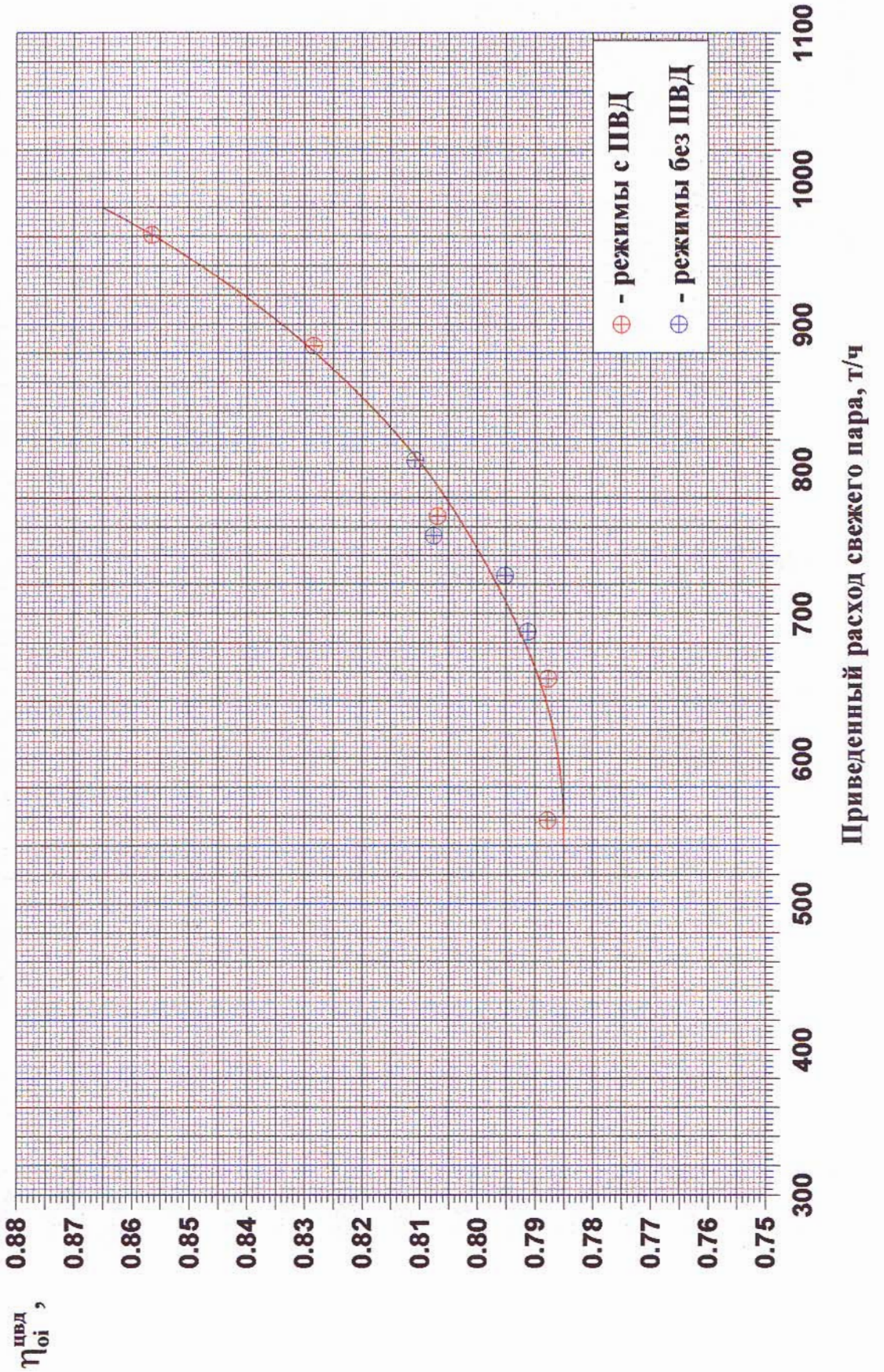
Рук.гр.	Сахаров	 15.9.04
Рук.раб.	Сахаров	
Исполн.	Фатьков	

Турбоагрегат
 типа К-300-240 ЛМЗ, ст. №4
 ГРЭС-4 АО "Мосэнерго"

Рис. № 6

ОАО ФИЦ "Фирма ОРГРЭС"
 ЦИТО

КПД ЦВД (2 этап)



Рук.гр.	Сахаров	<i>[Signature]</i>	15.9.04
Рук.раб.	Сахаров		
Исполн.	Александров		

Турбоагрегат
 типа К-300-240 ЛМЗ, ст. №4
 ГРЭС-4 АО "Мосэнерго"

Рис. № 12
 ОАО ФИЦ "Фирма ОРГРЭС"
 ЦИТО